



GBU mbH, Raiffeisenplatz 4, 23795 Fahrenkrug

Kreis Segeberg
Liegenschaften und Bauprojekte
Kirstin Drowälder
Rosenstraße 28
23795 Bad Segeberg

Ingenieurbüro für Geotechnik
Beratung • Planung • Gutachten
Beratende Ingenieure VBI

GBU mbH
Raiffeisenplatz 4
23795 Fahrenkrug
Tel. 04551 / 96 85 26 Fax 04551/ 96 85 28
info@gbu-fahrenkrug.de www.gbu-fahrenkrug.de

Fahrenkrug, 28.11.2024
394704

BV Erweiterung, Förderzentrum Schule

BO Hasenstieg 13, Norderstedt

Ergänzende Baugrunduntersuchung mit Gründungsbeurteilung zur Teilunterkellerung
Grundwasserabsenkung, Vorbemessung: Absenkziel, Reichweite Absenktrichter, Förderrate
Erläuterungsbericht

Angebote vom 25. und 29.10.2024	a3572, a3575	Konto	0905100000
Auftrag vom 28.10.2024, UVgO-Auftrag Bau-2024-025215		Produkt	986
Auftrag vom 30.10.2024, 1. Zusatzauftrag Bau-2024-025227		Kostenstelle	116000 TGM
Leistungszeitraum: November 2024		Fachdienst	11.60

1 Einleitung

Auf dem o.g. Grundstück ist eine Erweiterung des Förderzentrums vorgesehen.

Folgende Untersuchungen zum Baugrund liegen vor:

Baugrunduntersuchung, Geotechnischer Bericht, 19.08.2021, Az. 394701

Stellungnahme zur Teilunterkellerung, 09.09.2021, Az. 394702

Versickerungsfähigkeit in 2 weiteren Grundstücksbereichen, 29.03.2022, Az. 394703

Die Fa. GBU mbH wurde nunmehr mit ergänzenden Baugrunduntersuchungen zur Gründungsbeurteilung der Teilunterkellerung beauftragt. Außerdem sollte für die hierfür notwendige Grundwasserabsenkung, die Vorbemessung zum Absenkziel, Reichweite des Absenktrichter und Förderrate bestimmt werden.

Für die vorliegende Bearbeitung standen uns folgende Unterlagen Verfügung:

- Auszug Liegenschaftskataster, M 1 : 1.000, 16.02.2022
- Fundamentplan KG Ausführungsplanung, M 1 : 50, 28.08.2024
- Grundriss KG Ausführungsplanung, M 1 : 50, 28.08.2024
- Baugrube/Baustelleneinrichtung Ausführungsplanung, M 1 : 200, 18.08.2024

GPk Architekten

- Auftriebsbetrachtung, R&P Ruffert, E-Mail vom 28.10.2024

BV Erweiterung, Förderzentrum Schule
BO Hasenstieg 13, Norderstedt

Ergänzende Baugrunduntersuchung mit Gründungsbeurteilung zur Teilunterkellerung
Grundwasserabsenkung, Vorbemessung: Absenkziel, Reichweite Absenktrichter, Förderrate, Erläuterungsbericht

2 Methodik

Im Bereich der geplanten Baumaßnahme wurden in 2021, 2022 und 2024 insgesamt 12 Kleinrammbohrungen bis in Tiefen von max. 9 m unter Gelände abgeteuft (Anlage 1).

Die Bodenproben wurden nach einer vergleichenden Analyse durch den Unterzeichnenden als Rückstellproben gelagert. Die Beprobung erfolgte meterweise bzw. bei Schichtwechsel.

An 6+2 Bodenproben wurden mittels Trockensiebungen die Kornverteilungen gem. DIN 18123 bestimmt (Anlage 2).

Die Kleinrammbohrungen BS 11 und BS 12 wurden zu temporäre Grundwassermessstellen GW I und GW II (DN 50, HDPE, 2 m Filterrohr, überflur) ausgebaut. Die Messstelle GW I wurde beprobt. (Anlage 3).

Das Grundwasser wurde auf Beton- und Stahlaggressivität sowie typische Einleitparameter analysiert (Anlage 4).

In dem Bericht werden folgende Höhen angesetzt:

Bezugsniveau (BN): OK Fußboden EG Bestand	BN	+33,95 m NHN (s. Anlage 1)
OK Gelände der Ansatzpunkte		
der Kleinrammbohrungen	BS 1	+33,83 m NHN (2021)
	BS 2	+33,83 m NHN (2021)
	BS 3	+33,84 m NHN (2021)
	BS 4	+33,69 m NHN (2021)
	BS 5	+33,80 m NHN (2021)
	BS 6	+33,86 m NHN (2021)
	BS 7	+33,80 m NHN (2021)
	BS 8	+33,84 m NHN (2021)
	BS 9	+33,67 m NHN (2022)
	BS 10	+33,91 m NHN (2022)
	BS 11 / GW I	+33,64 m NHN (2024)
	BS 12 / GW II	+33,64 m NHN (2024)

mittlere Geländehöhe aus den 12 Ansatzpunkten, ca. +33,77 m NHN

Angesetzte Höhen

OK FF EG	0,00 m	+33,95 m NHN
OK Rohsole KG	-3,32 m	+30,63 m NHN
UK Rohsole KG	-3,62 m	+30,33 m NHN

BV Erweiterung, Förderzentrum Schule
BO Hasenstieg 13, Norderstedt

Ergänzende Baugrunduntersuchung mit Gründungsbeurteilung zur Teilunterkellerung
Grundwasserabsenkung, Vorbemessung: Absenkziel, Reichweite Absenkrichter, Förderrate, Erläuterungsbericht

3 Baugrund

Wie die Baugrunddarstellungen zeigen (Anlage 1), setzt sich der Baugrund gem. den Geländeaufnahmen wie folgt - schematisiert - zusammen:

Schicht 0:	Pflaster	BS 3, 4, 5, 6, 7, 8 und 10
Schicht 1	Auffüllung: Sand überwiegend kiesig, vereinzelt schwach schluffig	BS 3, 4, 6, 7, 8 und 10
Schicht 2	Auffüllung: Sand, z.T. schwach humos	BS 4, 5, 7 und 8
Schicht 3	Auffüllung: Mutterboden: Sand, humos	BS 1, 2 und 9
Schicht 4	Mittelsand feinsandig, grobsandig, z.T. schwach kiesig	BS 1 - 12

Schichten 1 und 2

Unterhalb der Pflasterung wurden in den Bohrungen BS 3 – 8 und 10 max. 2 verschiedene Auffüllungshorizonte bis max. 0,70 m unter Gelände ermittelt.

Diese Sande unterscheiden sich geringfügig in der Kornverteilung und die Schicht 2 wurde teilweise als schwach humos angesprochen.

Die Sande sind nach Bohrfortschritt und Probenansprache locker – mitteldicht gelagert.

Schicht 3

In BS 1, 2 und 9 wurden humose Sande, die teilweise als umgelagert Mutterboden angesprochen wurden, bis max. 0,50 m unter Gelände ermittelt.

Schicht 4

Im Liegenden folgen in sämtlichen Bohrungen im Wesentlichen Mittelsande bis zur jeweiligen Endteufe. Nach Bohrfortschritt und Probenansprache liegt eine mitteldichte Lagerung vor.

BV Erweiterung, Förderzentrum Schule
BO Hasenstieg 13, Norderstedt

Ergänzende Baugrunduntersuchung mit Gründungsbeurteilung zur Teilunterkellerung
Grundwasserabsenkung, Vorbemessung: Absenkziel, Reichweite Absenkrichter, Förderrate, Erläuterungsbericht

3.1 Bodenkennwerte

Auffüllung Schichten 1 und 2

Bodengruppe (DIN 18196):	[SE, SU]
Bodenklasse (DIN 18300), alt:	3
Lagerungsdichte:	locker - mitteldicht (nach Bodenprobenansprache und Bohrfortschritt)
Humusfreie Sande nach erfolgter Nachverdichtung auf mindestens mitteldichte Lagerung:	
Wichte über Wasser, γ :	18 kN/m ³
Wichte unter Wasser, γ' :	10 kN/m ³
Reibungswinkel, ϕ'_k :	32,5°
Kohäsion, c'_k :	0 kN/m ²
Steifemodul, $E_{s,k}$:	30 MN/m ²
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 17:	F 1 (nicht frostempfindlich)

Auffüllung Schicht 3

Bodengruppe (DIN 18196):	[OH]
Bodenklasse (DIN 18300), alt:	1
Lagerungsdichte:	locker (nach Bodenprobenansprache und Bohrfortschritt)
Wichte über Wasser, γ :	16 - 18 kN/m ³
Wichte unter Wasser, γ' :	8 - 10 kN/m ³

Mittelsand Schicht 4

Kornverteilung:	siehe Anlage 2
Bodengruppe (DIN 18196):	SE
Bodenklasse (DIN 18300), alt:	3
Lagerungsdichte:	mitteldicht (nach Bodenprobenansprache und Bohrfortschritt)
Wichte über Wasser, γ :	18 kN/m ³
Wichte unter Wasser, γ' :	10 kN/m ³
Reibungswinkel, ϕ'_k :	32,5°
Kohäsion, c'_k :	0 kN/m ²
Steifemodul, $E_{s,k}$:	60 MN/m ²
Frostempfindlichkeit, gem. ZTVE-StB 17:	F 1 (nicht frostempfindlich)

Ersatzboden

Kornaufbau:	Fein- bis Grobsande, kiesig
Lagerungsdichte:	mindestens mitteldicht, 100 % der einf. Proctordichte (Überprüfung durch Verdichtungskontrolle)
Bodengruppe (DIN 18 196):	SW, GW
Bodenklasse (DIN 18 300):	3
Wichte über Wasser, γ :	19 kN/m ³
Wichte unter Wasser, γ' :	11 kN/m ³
Reibungswinkel, ϕ'_k :	32,5°
Kohäsion, c'_k :	- kN/m ²
Steifemodul, $E_{s,k}$:	70 MN/m ²

3.2 Grundwasser

Nach Ende der Bohrarbeiten wurden die Wasserstände - gemessen im offenen Bohrloch - ermittelt (siehe hierzu Tab. 1).

Bohrung	OK Gelände der Ansatzpunkte der Kleinrammbohrungen in [m] NHN	Wasserstände unter Ansatzpunkt in [m] unter Gelände	Wasserstände in [m] NHN	
Messungen vom 14.07.2021				
BS 1	+33,83	3,38	+30,45	Erweiterung
BS 2	+33,83	3,50	+30,33	
BS 3	+33,84	3,45	+30,39	
BS 4	+33,69	3,35	+30,34	
BS 5	+33,80	3,43	+30,37	
BS 6	+33,86	3,50	+30,36	
BS 7	+33,80	3,31	+30,49	
BS 8	+33,84	3,48	+30,36	
Messungen vom 24.02.2022				
BS 9	+33,67	2,95	+30,72	
BS 10	+33,91	2,93	+30,98	
Messungen vom 04.11.2024				
BS 11/GW I	+33,64 / +34,98	3,03 / 4,37	+30,61	
BS 12GW II	+33,64 / +35,16	3,07 / 4,59	+30,57	
Grundwasserflurabstand i.M., ca.		3,28		
Grundwasserspiegel i.M., ca.			+30,50	

Tab. 1: Stichtagsmessungen

Es wurden gut ausgepegelte Wasserstände ermittelt. Es handelt sich um freies Grundwasser. Zu den jahreszeitlichen Grundwasserspiegelschwankungen liegen uns keine genauen Daten vor. Es ist jedoch mit Schwankungen im dm- bis m- Bereich zu rechnen. Der Bemessungswasserstand zur Trockenhaltung sollte vorbehaltlich langfristiger Pegelbeobachtungen bei +32,50 m NHN angesetzt werden.

3.3 Chemische Zusammensetzung des Grundwassers

Die Ergebnisse der beauftragten Analysen können der Anlage 4 entnommen werden. Demnach ist das Grundwasser als **stark betonangreifend XA2** (kalklösende Kohlensäure 89 mg/l) gem. DIN 4030 einzustufen. Die Wahrscheinlichkeit gegenüber Mulden- und Lochkorrosion, sowie Flächenkorrosion ist gem. DIN 50929 als mittel bzw. gering einzustufen.

Die Ergebnisse typischer Einleitparameter können ebenfalls der Anlage 4 entnommen werden.

BV Erweiterung, Förderzentrum Schule
BO Hasenstieg 13, Norderstedt

Ergänzende Baugrunduntersuchung mit Gründungsbeurteilung zur Teilunterkellerung
Grundwasserabsenkung, Vorbemessung: Absenkziel, Reichweite Absenkrichter, Förderrate, Erläuterungsbericht

4 Gründung

Auf Grundlage der vorhandenen Daten ergibt sich für die weitere Bearbeitung die geotechnische Kategorie GK 2 gem. DIN 4020. Es wurden relativ einheitliche Baugrundverhältnisse ermittelt. Es wird davon ausgegangen, dass die Gründung als Flachgründung ausgeführt wird.

Ausgangsdaten:

Bezugsniveau (BN): OK Fußboden EG Bestand	BN	+33,95 m NHN (s. Anlage 1)
mittlere Geländehöhe aus den 12 Ansatzpunkten, ca.		+33,77 m NHN

OK FF EG	0,00 m	+33,95 m NHN
OK Rohsole KG	-3,32 m	+30,63 m NHN
UK Rohsole KG	-3,62 m	+30,33 m NHN

Aktueller mittlerer Grundwasserspiegel aus GW I + II		+30,59 m NHN
--	--	--------------

Bemessungswasserstand zur Auftriebssicherheit in der Bauphase bis Frühjahr 2025	-3,00 m	+30,95 m NHN
--	---------	--------------

Bemessungswasserstand Trockenhaltung	-1,45 m	+32,50 m NHN
--------------------------------------	---------	--------------

Absenkziel in der Baufläche		+29,83 m NHN
-----------------------------	--	--------------

Die in der Baugrubensohle der Teilunterkellerung anstehenden gewachsenen Sande (Schicht 4) sind gering zusammendrückbar und ausreichend tragfähig für die geplante Überbauung. Maßnahmen für einen Bodenaustausch sind im Bereich der Teilunterkellerung nicht erforderlich.

Die erforderlichen Maßnahmen zu Bodenaustausch im nicht unterkellerten Teil der Baufläche sind dem Bericht vom 19.08.2021, Az. 3947001, zu entnehmen.

Für die Bemessung von mittig belasteten Streifenfundamenten kann der in Anlage 5 angegebene aufnehmbare Sohldruck angesetzt werden. Die Berechnungen wurden gem. DIN 1054 und EC 7 durchgeführt.

Für Streifenfundamente mit $h = 0,30$ m können die aufnehmbaren Sohldrücke (zul $\sigma = \sigma_{E,k}$) der Anlage 5 entnommen werden.

Neben dem charakteristischen $\sigma_{E,k}$ ist der Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ den Tabellen in Anlage 5 zu entnehmen.

Die zu erwartenden Setzungen werden mit ca. $s = 0,5 - 1$ cm abgeschätzt. Die Setzungen und Setzungsdifferenzen dürften keine unverträglichen Verformungen verursachen.

Für abweichende Fundamentabmessungen sind gesonderte Berechnungen erforderlich.

Für die Gründung auf einer bewehrten massiven Bodenplatte kann nach dem Bettungsmodulverfahren das Bettungsmodul zunächst mit $K_s = 30 - 40$ MN/m³ angesetzt werden. Die getroffenen Aussagen gelten für die o. g. Ausgangsdaten. Eine abweichende Planung und Ausführung ist mit dem Unterzeichner abzustimmen.

5 Trockenhaltung

Der Bemessungswasserstand zur Trockenhaltung der Teilunterkellerung wird mit +32,50 m NHN angesetzt.

Für die Teilunterkellerung sind Maßnahmen zur Abdichtung gegen drückendes Wasser gem. DIN 18533-1:2017-07, Wassereinwirkungsklasse W2.1-E, vorzusehen.

Grundsätzlich ist das Gelände so zu profilieren, dass niederschlagsbedingtes Oberflächenwasser nicht dem Gebäude zufließt.

Die Maßnahmen sind mit dem vorhandenen Entwässerungs- und Abdichtungskonzept abzustimmen.

6 Wasserhaltung

Aufgrund der angesetzten Gründungshöhen und der vorhandenen Baugrundsichtung sind Maßnahmen zur Wasserhaltung im Zuge der Baumaßnahme für den Bereich der Teilunterkellerung zu berücksichtigen (s. Kapitel 8).

7 Technische Hinweise

- a. Die tatsächlichen Baugrundverhältnisse sollten in den offenen Baugruben durch den Unterzeichner überprüft werden.
- b. Einzubringender Kiessandersatzboden ist lagenweise auf mindestens mittlere Lagerungsdichte zu verdichten und sollte durch den Unterzeichner gem. DIN EN ISO 22476-2 bzw. TP BF-StB 8.3 und 15.1 überprüft werden. Die Druckausbreitzzone von 45° unterhalb Außenkante UK Fundament ist zu berücksichtigen.
- c. Unter Berücksichtigung der anstehenden Böden ist für die Baugruben ein Böschungswinkel von $\beta \leq 45^\circ$ einzuhalten. Die Ausführungen der DIN 4123 und 4124 sind zu beachten.
- d. Benachbarte Fundamente unterschiedlicher Gründungstiefe sind unter 30° abzutreten oder die Erddrücke aus den höher liegenden Bauteilen sind durch geeignete statische Konstruktionen zur Tiefe abzutragen, so dass tiefer liegende Bauteile nicht belastet werden.

8 Grundwasserabsenkung

Mit der geplanten Teilunterkellerung wird eine Grundwasserabsenkung erforderlich. Im Folgenden werden überschlägige Berechnungen zu der zu erwartenden Wassermenge und des Absenktrichters durchgeführt.

Die tatsächliche Dimensionierung der Grundwasserabsenkung (Brunnendurchmesser, -anzahl und -tiefe) ist nicht Gegenstand dieser Bearbeitung.

8.1 Ausgangsdaten

Für die Absenkung, die in den nächsten Wochen erfolgen soll, wird in der gesamten Baufläche der mittlere Grundwasserstand aus GW I und GW II mit **+30,59 m NHN** berücksichtigt.

mittlerer Grundwasserstand aus GW I und GW II		+30,59 m NHN
Unterkante Rohsole KG	-3,62 m	+30,33 m NHN
Absenkungsbetrag, $s = 0,76$ m	auf	+29,83 m NHN
Baufläche, ca.		15 m x 16 m

Für die wasserführenden Sande wird ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 2,6 \times 10^{-4}$ [m/s] angesetzt.

8.2 Ergebnis

Die Ergebnisse können der Anlage 6 entnommen werden. Die Berechnungen erfolgten mit GGU-DRAW-DOWN, Version 4.10, 15.02.2019, GGU-Software.

Reichweite des Absenktrichters, ca.	$R = 36,8$ m
Ersatzradius, ca.	$A = 9,87$ m
Wassermenge, ca.	$Q = 21,82$ m ³ /h

Wenn die Grundwasserabsenkung für einen Zeitraum von ca. 6 Wochen erfolgt:

Gesamtwassermenge: $Q_{\text{ges}} = 21,82 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ Stunden} \times 7 \text{ Tage} \times 6 \text{ Wochen} \approx 22.000 \text{ m}^3$ abgeschätzt. Die max. Reichweite des Absenktrichters liegt bei ≈ 37 m.

Erfahrungsgemäß schwanken die tatsächlichen Fördermengen deutlich.

Die Auftriebssicherheit ist in der Bauphase und im Endzustand sicherzustellen.

8.3 Beurteilung der Auswirkungen der bauzeitlichen Wasserhaltung auf die Nachbarbebauung

Mit der geplanten Grundwasserabsenkung wird dem anstehenden Baugrund im Umfeld teilweise das Wasser und damit die Auftriebswirkung entzogen. Dies kann insbesondere bei organischen Weichschichten zu Setzungen und aufgrund von natürlichen Inhomogenitäten im Baugrund zu Setzungsdifferenzen führen.

BV Erweiterung, Förderzentrum Schule
BO Hasenstieg 13, Norderstedt

Ergänzende Baugrunduntersuchung mit Gründungsbeurteilung zur Teilunterkellerung
Grundwasserabsenkung, Vorbemessung: Absenkziel, Reichweite Absenktichter, Förderrate, Erläuterungsbericht

Organische Weichschichten im Umfeld sind, auch unter Berücksichtigung anderer Bauvorhaben in der Umgebung, nicht ganz auszuschließen.

Das Ausmaß der Setzungen ist vom wirksamen Absenkungsbetrag und dem Absenkungszeitraum abhängig.

Der tatsächliche Absenkungsbetrag ist relativ gering. Der Absenkungszeitraum ist begrenzt. Durch die anzunehmenden natürlichen Grundwasserspiegelschwankungen im dm- Bereich ist ein Teil dieser theoretisch zu erwartenden Setzungen schon eingetreten.

Zur Sicherheit sind die Gründungsverhältnisse der Nachbarbebauungen, die in halber Reichweite (20 m) des Absenktichters liegen, festzustellen. Beweissicherungsmaßnahmen sind erforderlich. Für die Oberflächenbefestigung der angrenzenden Straßen und für die erdverlegten Leitungen gilt das gleiche.

Eine baubegleitende Kontrolle der Absenkungsmaßnahme (Pegelstände, Entnahmemengen, etc.) ist erforderlich. Die Maßnahmen dienen zur Dokumentation und zur Beweissicherung.

Die vorhandenen Grundwassermessstellen können hierfür grundsätzlich verwendet werden.

Fahrenkrug, 19.11.2024

GBU mbH

A. Kattenhorn

Anlagen

Lageplan, Profile

Kornverteilungen

Ausbau, Grundwasserbeprobung

Beton- und Stahlaggressivität, Einleitparameter

Grundbruch- und Setzungsberechnung

Grundwasserabsenkung

Anlage 1

Anlage 2

Anlage 3

Anlage 4

Anlage 5

Anlage 6